

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии машиностроения,
металлообрабатывающих станков и комплексов

А. Н. Поляков, И. П. Никитина

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
ПРАКТИКА ПО НАПРАВЛЕННОСТИ
«ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-
ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 15.06.01 Машиностроение

Оренбург
2017

УДК 621.9.06-52:004.4 (076.5)
ББК 34.63-5.05я7+32.973-018.я7
П 54

Рецензент – доктор технических наук, профессор А. И. Сердюк

Поляков, А. Н.
П 54 Научно-исследовательская практика по направленности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»: методические указания / А. Н. Поляков, И. П. Никитина; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 25 с.

В методических указаниях представлена методика проведения научно-исследовательской практики по направлению 15.06.01 Машиностроение, направленности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

УДК 621.9.06-52:004.4 (076.5)
ББК 34.63-5.05я7+32.973-018.я7

© Поляков А. Н.,
Никитина И. П., 2017
© ОГУ, 2017

Содержание

Введение	4
1 Содержание разделов дисциплины	4
2 Указания по составлению индивидуальной программы и плана практики	7
3 Указания по практикантским заданиям, реализуемым аспирантом в ходе научно-исследовательской практики	8
4 Указания к подготовке научных материалов для научно-квалификационной работы	10
5 Указания к оформлению отчета по научно-исследовательской практике	22
Контрольные вопросы.....	22
Список использованных источников	24

Введение

Целью практики является: формирование у обучающихся в аспирантуре на базе полученных теоретических знаний устойчивых практических навыков исследовательской деятельности в научных коллективах или организациях, необходимых для проведения научных исследований по профилю подготовки.

Задачами научно-исследовательской практики являются:

- приобретение навыков участия в коллективной научно-исследовательской работе в составе организации;
- знакомство с современными методиками и технологиями работы в научно-исследовательских организациях;
- получение опыта выступлений с докладами на научно-исследовательских семинарах, школах, конференциях;
- овладение профессиональными умениями проведения содержательных научных дискуссий, оценок и экспертиз;
- подготовка научных материалов для научно-квалификационной работы.

В соответствии с этим в действующем учебном плане студентов, обучающихся по программе подготовки кадров высшей квалификации по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение и направленности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» предусматривается дисциплина **«Научно-исследовательская практика»**, изучению которой отводится четвертый семестр.

1 Содержание разделов дисциплины

В ходе научно-исследовательской практики ставится задача сформировать устойчивые навыки проведения научного исследования в условиях реальной профессиональной деятельности, поэтому она тесно связана с реализацией научно-исследовательского проекта. В ходе практики осваиваются методы работы на основных стадиях организации научного исследования. Практика является стационарной и проходит в основном на базе Аэрокосмического института.

Программа исследовательской практики аспиранта не исчерпывается работой с собственным научным исследованием. Предполагается также участие аспиранта в других научно-исследовательских проектах (кафедральных, факультетских), где он выполняет различного рода практикантские задания: работа со статистическими данными, архивными источниками, участие в исследовании в качестве стажера-исследователя и так далее.

Предусматривается также ознакомление с работой институтов и других организаций, занимающихся научными исследованиями, соответствующими профилю подготовки аспиранта, изучение имеющегося опыта, по возможности – выполнение практикантских заданий. Планируются также встречи с зарубежными специалистами.

В ходе практики аспирант формирует соответствующую информационную базу, а по ее результатам готовит отчет по практике, подписанный руководителем. Обсуждение отчета проходит на профильной кафедре.

В *«Научно-исследовательской практике»*, как учебной дисциплине, предусмотрено освоение шести разделов:

- ознакомление с целями и задачами научно-исследовательской практики аспиранта, формами отчетности; разработка индивидуальной программы и плана практики;

- посещение организаций, занимающихся научными исследованиями в области, близкой к профилю аспирантской программы (ознакомительная часть практики);

- знакомство с тематикой, проблематикой исследований профильных организаций, с их авторами; программами и методиками выполненных проектов;

- выполнение практикантских заданий;

- участие в научно-исследовательских проектах кафедры, факультета, других профильных организаций;

- подготовка итогового отчета о прохождении научно-исследовательской практики.

В первом разделе аспирант знакомится с целями и задачами научно-исследовательской практики, изучает различные формы отчетности, разрабатывает индивидуальную программу и план практики. Раздел оформляется документально в виде текста программы и плана научно-исследовательской практики.

Во втором разделе аспирант реализует посещение организаций, занимающихся научными исследованиями в области, близкой к профилю аспирантской программы. В качестве таких организаций могут быть заводские лаборатории, подразделения других вузов, конструкторские организации, научно-исследовательские институты. Раздел также оформляется документально с описанием полученной информации от посещения. В качестве документального подтверждения допускается использование фото- и видеоматериалов.

В третьем разделе предусматривается более глубокое знакомство: с тематикой и проблематикой исследований профильных организаций, с их авторами; программами и методиками выполненных проектов и проводимых исследований. В соответствующем разделе отчета по практике должны быть перечислены основные направления исследований и внесена дополнительная информация, полученная аспирантом в ходе индивидуального знакомства с исследователями профильных организаций.

По четвертому разделу в отчете по практике должны быть описаны выполненные аспирантом практикантские задания, сформулированные руководителем.

Аспирант должен принимать активное участие в научно-исследовательской жизни коллектива кафедры и подразделения вуза или другой профильной организации (раздел пятый). Так как наряду с собственными научными исследованиями аспирант может привлекаться к выполнению исследований, не связанных непосредственно с его тематикой, то отчет по выполненным исследованиям также должен быть представлен в общем отчете по практике.

Полный отчет по практике (раздел шестой) оформляется в соответствии с требованиями, установленными стандартом организации «СТО 02069024. 101 – 2015 РАБОТЫ СТУДЕНЧЕСКИЕ. Общие требования и правила оформления».

2 Указания по составлению индивидуальной программы и плана практики

В индивидуальную программу практики аспиранта, обучающегося по направлению 15.06.01 Машиностроение направленности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» могут быть включены следующие пункты:

- посещение крупнейших и типовых профильных предприятий региона;
- выездное посещение наиболее успешных и типовых профильных предприятий (командировка);
- проведение встреч со специалистами профильных предприятий для выявления существующих технических и технологических проблем и формулировки задач исследований;
- изучение на профильных предприятиях существующих типовых методик решения известных технических и технологических проблем;
- получение на профильных предприятиях информации об используемых в производстве программных продуктах, относящихся к CAD/CAM/CAE-системам; о существующих проблемах их использования, выявленных достоинствах и недостатках;
- составление представления об используемом технологическом, лабораторном оборудовании и измерительной технике (на успешных и типовых профильных предприятиях).

Необходимость знакомства с технологической базой не только крупнейших и успешных профильных предприятий, но и типовых предприятий определяется возможностью формулирования типовой масштабной проблемы. Как правило, на успешных предприятиях уже найдены решения стандартных задач, характерных для данного профиля предприятия. Задача аспиранта попытаться сформулировать новое, более экономичное решение, опираясь на имеющийся на успешном предприятии опыт. В качестве типовой можно сформулировать следующую проблему: повышение точности используемых металлорежущих станков. Типовое решение

на успешном предприятии – замена устаревшего оборудования на новое. Альтернативное решение – глубокая модернизация имеющегося парка станков. Но для этого необходимо разработать общую стратегию модернизации и поэтапное планирование.

При составлении плана практики необходимо учитывать дискретный характер практики, ее трудоемкость составляет 108 часов.

3 Указания по практикантским заданиям, реализуемым аспирантом в ходе научно-исследовательской практики

Программой практики предусмотрено выполнение практикантских заданий. Практикантские задания – это задания, сформулированные научным руководителем и направленные на формирование у аспиранта следующих компетенций:

– способность научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства (ОПК-1);

– способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

– готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3).

Для получения способности оценивать новые решения в области построения и моделирования машин аспирант должен владеть на высоком уровне различ-

ными системами моделирования, знать не только азы, но и принятую методологию построения машин. В этой связи в качестве практикантских заданий могут быть следующие:

- разработка 3D-модели станка, приспособления, технологической установки, агрегата, узла; наилучшим вариантом задания будет вариант, непосредственно входящий в область научных интересов аспиранта или выполняемых им работ по другим исследованиям;

- разработка новой методики моделирования отдельного узла машины или средства технологического оснащения производства;

- формулировка задачи, решение которой обеспечит создание или нового образца оборудования, или модернизацию оборудования с существенно улучшенными технико-экономическими параметрами;

- разработка новой методики расчета технических характеристик какого-либо узла машины;

- разработка архитектуры нового программного средства для расчета или моделирования машины, или отдельного его компонента.

Для генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, аспиранту предлагается следующий набор практикантских заданий:

- разработка программы научных исследований для решения одной из проблем в предметной области; учет междисциплинарных связей должен реализовываться путем сочетания в одной программе натуральных и компьютерных экспериментов;

- проведение патентного поиска на полезную модель в предметной области;

- подготовка реферата по решению аналогичных проблем в других областях науки; типичный пример – тема исследования «О применении метода конечных элементов в трансплантологии».

Для участия в работе международных исследовательских коллективов аспирант должен владеть профессиональными терминами своей и смежных предметных областей. В качестве типового задания может быть составление словаря тер-

минов на русском и английском языках; в отдельных случаях, может быть рекомендован другой язык, например, китайский.

Для участия в работе отечественных коллективов аспиранту в качестве практикантского задания может быть предложено составить таблицу предметной области исследований, в которой каждой области исследований сопоставлен коллектив исследователей.

4 Указания к подготовке научных материалов для научно-квалификационной работы

Научные материалы для научно-квалификационной работы должны быть подготовлены с использованием современных информационных технологий и с использованием лицензионных CAD/CAM/CAE-систем. Например, Оренбургский государственный университет имеет лицензии на следующие программные средства: автоматизированная система математических вычислений *MATLAB*; система трехмерного моделирования *КОМПАС-3D*; универсальная система автоматизированного проектирования *КОМПАС-График*; система инженерного анализа *Ansys*; CAD/CAM/CAE-система фирмы *Siemens PLM Software*; двух- и трехмерная система автоматизированного проектирования и черчения *Autocad* фирмы *Autodesk*; 3D-САПР для машиностроительного проектирования *Autodesk Inventor*.

MATLAB [1] – система автоматизированных математических вычислений, разработчик фирма *MathWork Inc.* (США, г. Нейтик, штат Массачусетс). Начало ее применения в научных исследованиях – конец 70-х годов. Наибольшее распространение система стала получать в конце 80-х после выхода версии 4.0. В настоящее время *MATLAB* – это система, содержащая огромную совокупность процедур и функций, реализующих сложные численные расчеты, моделирование поведения технических и физических систем, а также оформление как ввода исходных данных, так результатов расчетов в наглядном виде.

Основные преимущества *MATLAB*:

– математический аппарат *MATLAB* приближен к математическому аппарату, реализуемому в научных и инженерных исследованиях; опирается на работу с матрицами;

– язык программирования системы *MATLAB* весьма прост, близок к языкам верхнего уровня (особенно к языку *C*); язык содержит всего несколько десятков операторов, однако, это малое число операторов, как и в языке *C*, компенсируется богатой библиотекой процедур и функций, содержание которых зачастую интуитивно понятно любому инженеру;

– *MATLAB* является открытой системой, так как даже процедуры и функции из библиотек *MATLAB* доступны для модификации; в зависимости от квалификации пользователя ее можно сделать настолько объемной, насколько хватит фантазии; ее можно сделать еще более универсальной или более уникальной; с ее помощью можно создавать собственные приложения с использованием современных средств графического пользовательского интерфейса GUI, аналогичного применяемому во всех современных автоматизированных системах проектирования и инженерного анализа;

– кроме разработки собственных приложений *MATLAB* позволяет реализовать все встроенные функции в режиме калькулятора;

– последние версии *MATLAB* интегрируются с текстовым редактором *Word*.

В качестве примера приведено рабочее окно (рисунок 1) разработанного приложения «*Модуль экспериментального модального анализа термомодеформационного состояния станка*». В этом приложении, кроме средств GUI, использованы программно-математические средства, расширяющие возможности базовой системы *MATLAB* в области решения задач оптимизации – *Optimization Toolbox*.

Автоматизированная система проектирования машиностроительных изделий *КОМПАС-3D* [2] соответствует современным требованиям. Возможности *КОМПАС-3D* обеспечивают проектирование изделий средней сложности. В си-

стеме присутствуют инструменты для работы по методикам нисходящего и восходящего проектирования.

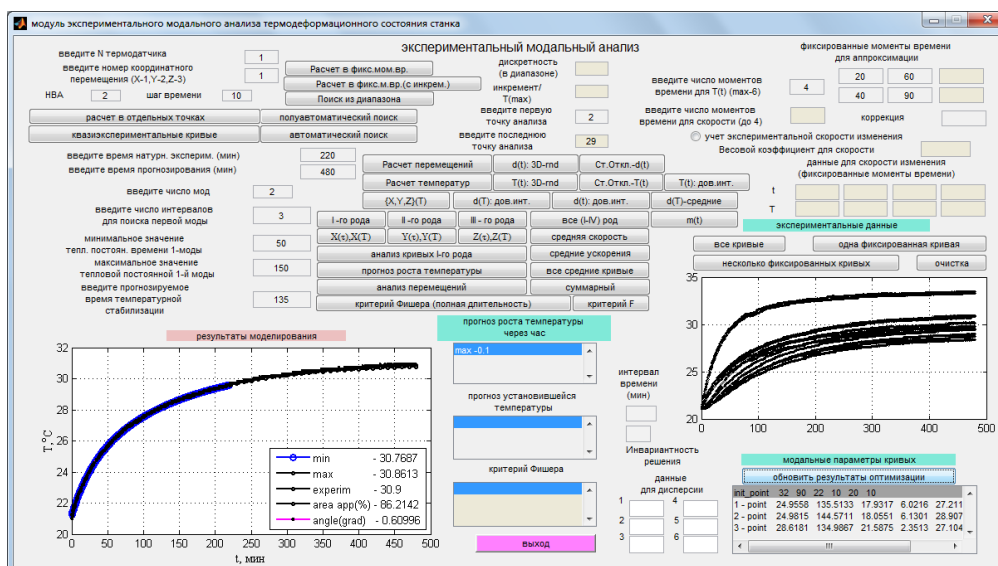


Рисунок 1 – Рабочее окно приложения «Модуль экспериментального модального анализа термодформационного состояния станка»

Последняя актуальная версия **КОМПАС-3D V.16** реализована в виде комплектов. Под комплектами понимают полнофункциональные наборы специализированных инструментов, направленных на проектирование отдельных видов изделий.

Первый комплект – это «**Механика**», в состав которого входит: система КОМПАС-3D; расчет и проектирование валов и механических передач, пружин; каталоги с электродвигателями, редукторами и муфтами, а также расчет размерных цепей. Комплект «**Механика ПЛЮС**» дополнительно снабжен библиотекой материалов и сортамента, библиотекой стандартных изделий крепежа, деталей, конструктивных элементов и отдельных узлов.

Комплект «**Оборудование**» предназначен для решения задач проектирования различных гидравлических и пневматических систем, инженерных коммуникаций, технологического оборудования (котельного, емкостного, теплообменного), опорных конструкций, мачт для химической и нефтехимической отраслей. В

состав комплекта входит: система **КОМПАС-3D**, а также библиотеки по трем типам оборудования: металлоконструкции, трубопроводы, развертки, а также каталог по сварным швам. Комплект «Оборудование ПЛЮС» дополнительно снабжен: библиотекой материалов и сортамента; библиотекой стандартных изделий крепежа, деталей, конструктивных элементов и отдельных узлов.

В общем случае система **КОМПАС-3D** для подготовки научных материалов имеет различные возможности. На фоне существующих автоматизированных систем проектирования бесспорным преимуществом **КОМПАС-3D** является подготовка стандартного представления чертежа промышленного вида (рисунки 2, 3). Система **КОМПАС-3D** также оснащена средствами расчета и проектирования различных механических передач, включая не только цилиндрические зубчатые, но и конические, планетарные, червячные и другие (рисунок 4). Наряду с достаточно большими возможностями этого комплекса программ: геометрический расчет, расчет на прочность и долговечность, используемый комплекс программ не имеет возможности определить возникающие в зубчатом зацеплении усилия. С таких позиций этот комплекс программ уступает встроенным расчетным модулям в CAD–системе *Autodesk Inventor*.

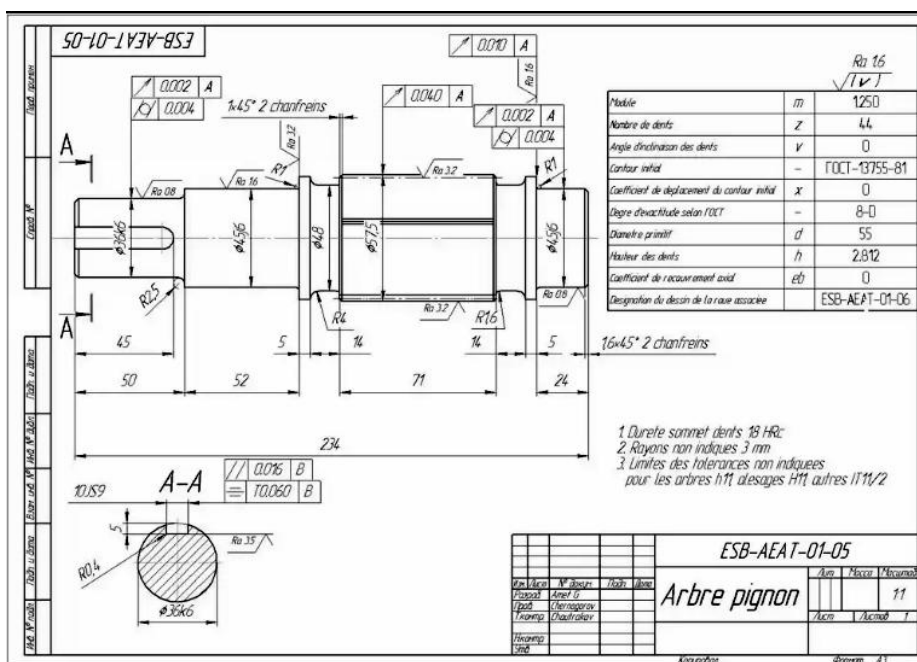


Рисунок 2 – Чертеж Вал-шестерня (для европейского изделия)

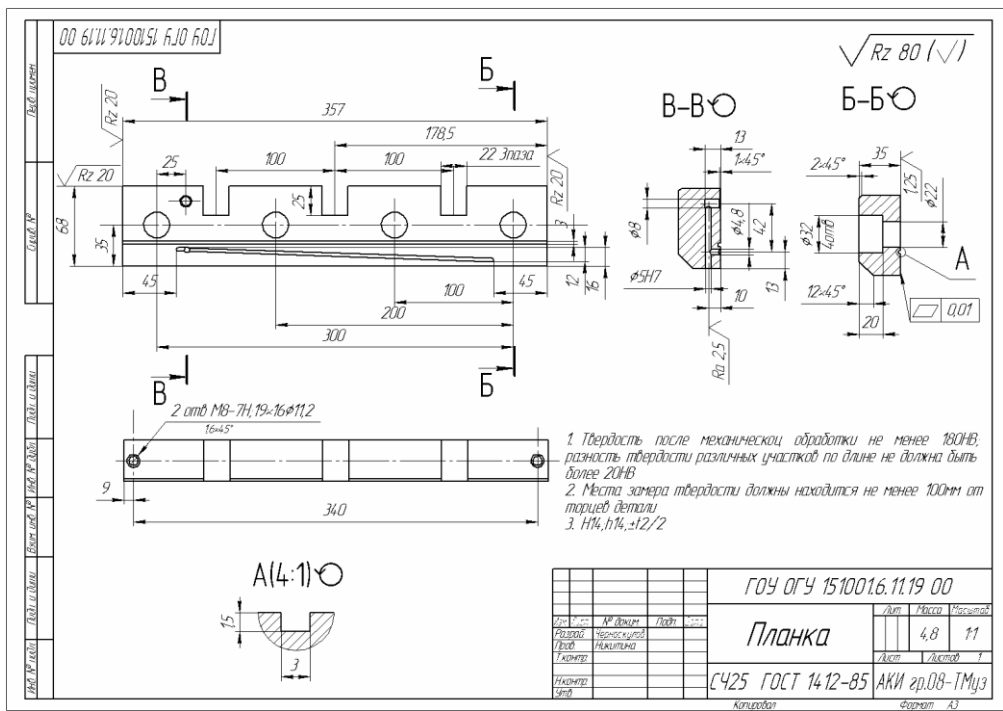


Рисунок 3 – Чертеж детали Планка для строгального станка

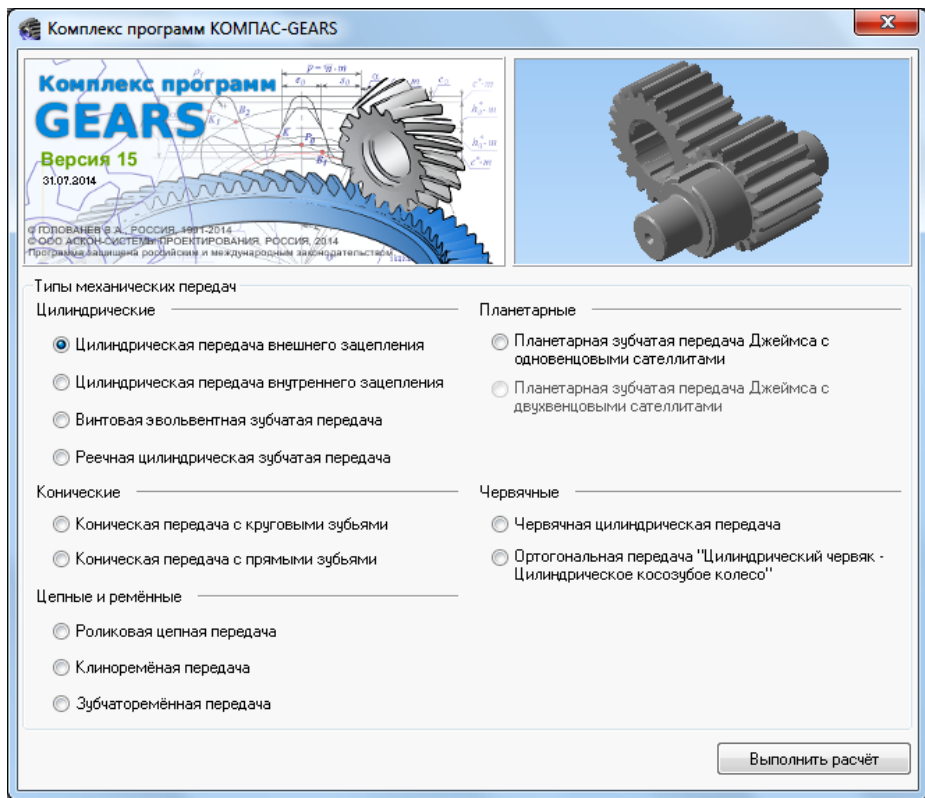


Рисунок 4 – Копия экрана Комплекса программ КОМПАС-GEARS

Autodesk Inventor [3] – это система параметрического твердотельного, а также поверхностного моделирования машин, отдельных узлов и агрегатов. *Autodesk Inventor* позволяет провести анализ совместной работы элементов конструкции. Ниже в качестве иллюстрации представлены два фрагмента выполнения расчета и проектирования зубчатого зацепления и валов в *Autodesk Inventor*.

После создания нового файла сборки и выбора на панели «Проектирование» команды «Зубчатое зацепление» вызывается первое диалоговое окно «Генератор компонентов зубчатых колес» (рисунок 5).

В качестве определяющего исходного параметра наиболее эффективным является вариант «Межосевое расстояние» – блок 1 (см. рисунок 5). Выбрав этот вариант для формирования модели зубчатого зацепления, требуется ввести в качестве исходных данных «Требуемое передаточное число» – блок 2. При этом передаточное число является обратным числом для передаточного отношения. Формирование других исходных данных – модуль, количество зубьев и ширина грани как ведущего, так и ведомого зубчатых колес окончательно определяется результатом дальнейшего силового расчета (вторая страница расчета, рисунок 6).

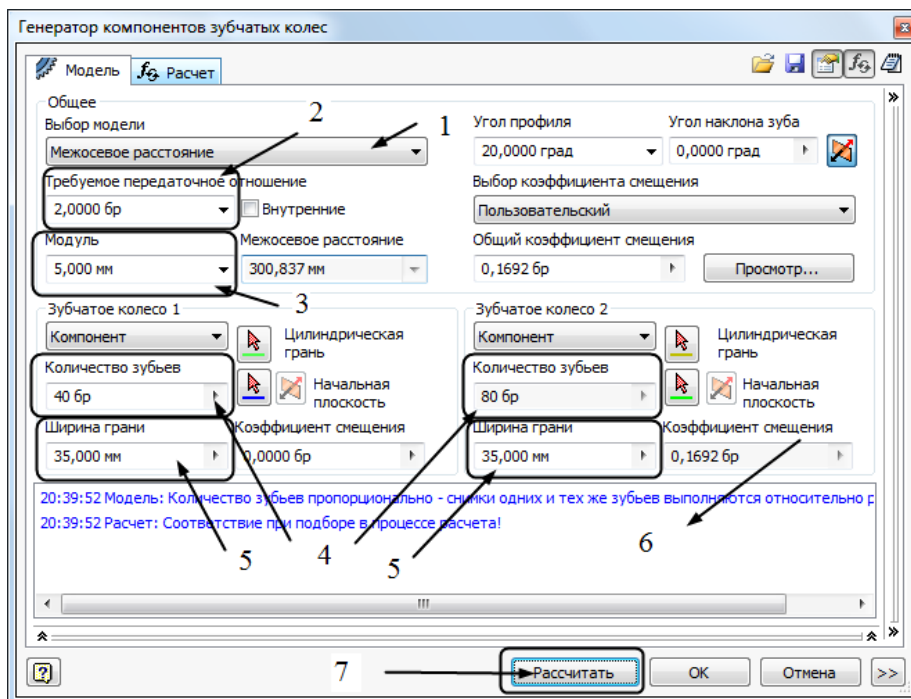


Рисунок 5 – Диалоговое окно «Генератор компонентов зубчатых колес»

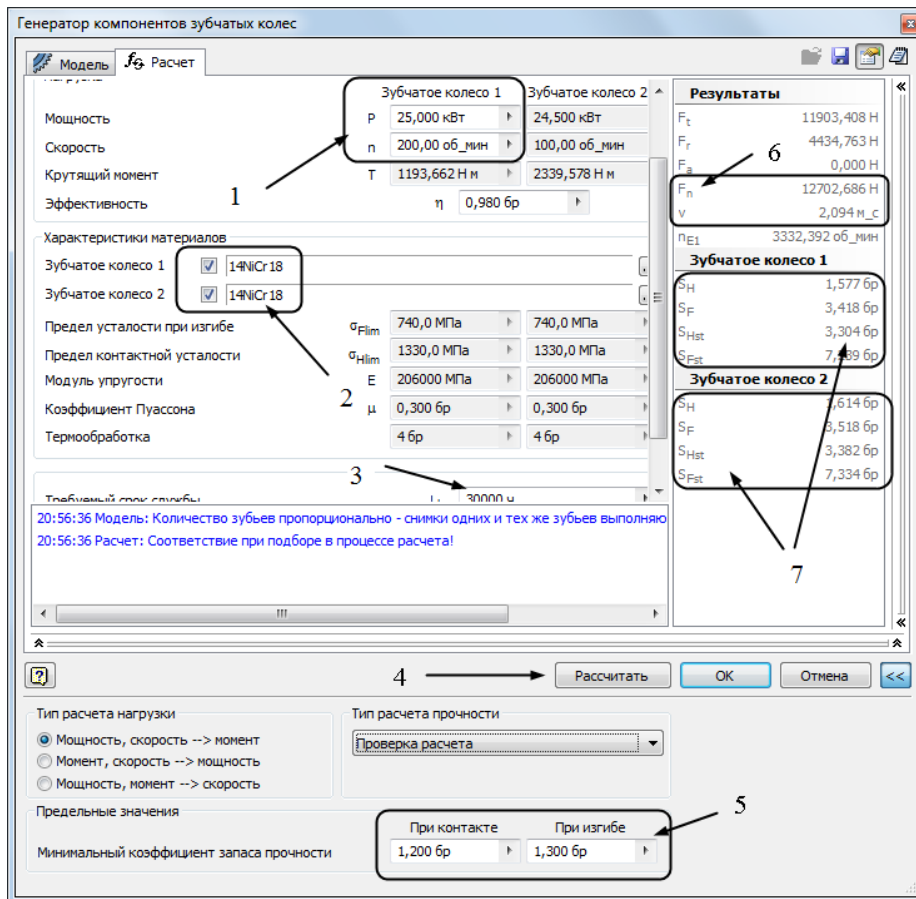


Рисунок 6 – Диалоговое окно «Генератор компонентов зубчатых колес»
(вторая страница)

Для второго диалогового окна обязательными данными являются: мощность и частота вращения (блок 1). Материал подбирается исходя из необходимости выполнения критериев расчета (блок 7). При этом для коэффициентов запаса прочности критерий представлен в явном виде (блок 5). При расчете колес в блоке 6 содержатся рассчитанные данные для равнодействующей силы, действующей в зацеплении F_n , а также окружной скорости V на делительном цилиндре (ГОСТ 21354-87). После выполнения всех видов расчетов для завершения проектирования следует нажать клавишу «OK», это приводит к выводу твердотельной конструкции в виде двух находящихся в зацеплении зубчатых колес (рисунок 7). В базовом исполнении зубчатые колеса проектируются без посадочных поверхностей. В качестве посадочных поверхностей могут быть использованы гладкие цилиндрические и шлицевые поверхности. Для передачи крутящего момента во

внутренних гладких цилиндрических поверхностях могут быть дополнительно построены шпоночные пазы (рисунок 8).

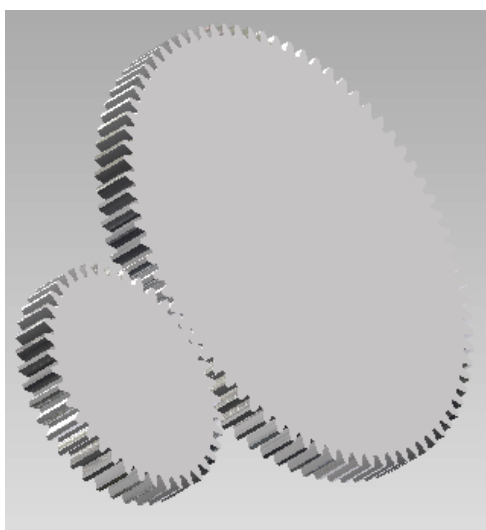


Рисунок 7 – Базовое исполнение зубчатого зацепления



Рисунок 8 – Зубчатое зацепление

Для перехода к расчету и проектированию валов дополнительно следует спроектировать пространственное расположение передач. В качестве примера, на рисунке 9, приведено пространственное расположение зубчатых передач. Их пространственное положение позволяет определить положение сил, действующих в парных зубчатых зацеплениях.

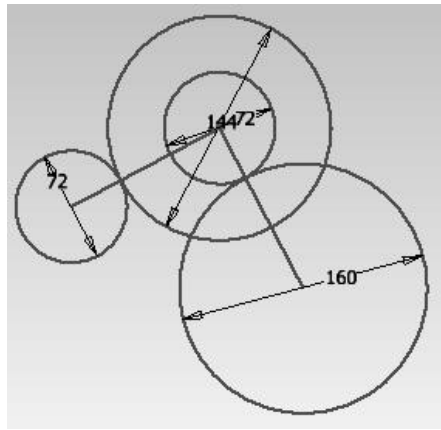


Рисунок 9 – Пространственное расположение зубчатых передач

Значение равнодействующей силы F_n определено при расчете зубчатого зацепления, а угол определяется из геометрических построений (см. рисунок 9). Формирование исходных данных для расчета и проектирования каждого вала осуществляется с использованием «Генератора компонентов вала» (рисунок 10). При генерации отдельных компонентов вала они одновременно отображаются в режиме реального времени вместе с опорами и пространственной нагрузкой (рисунок 11).

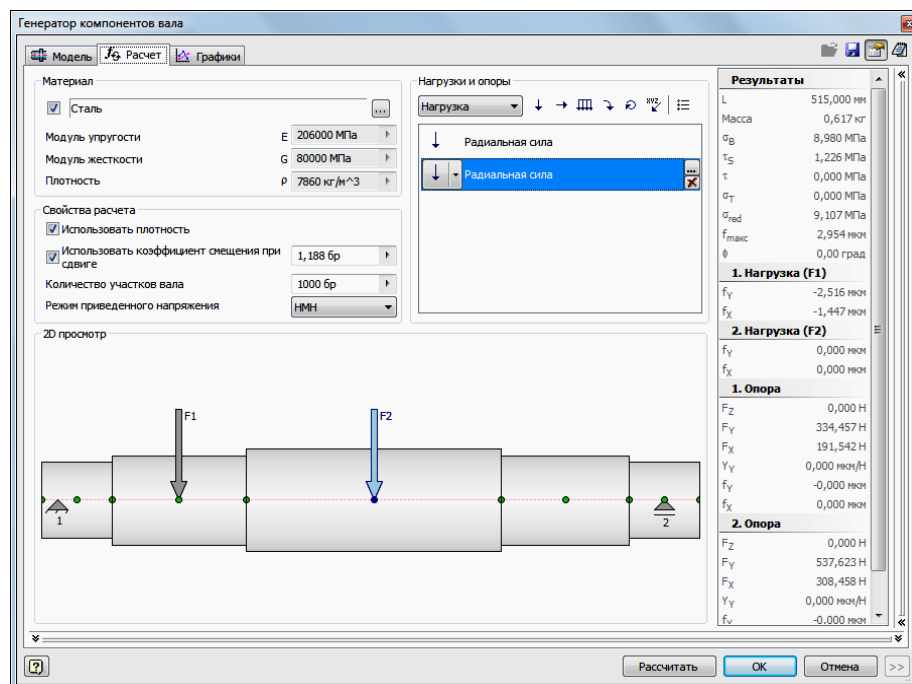


Рисунок 10 – Копия диалогового окна Генератор компонентов вала

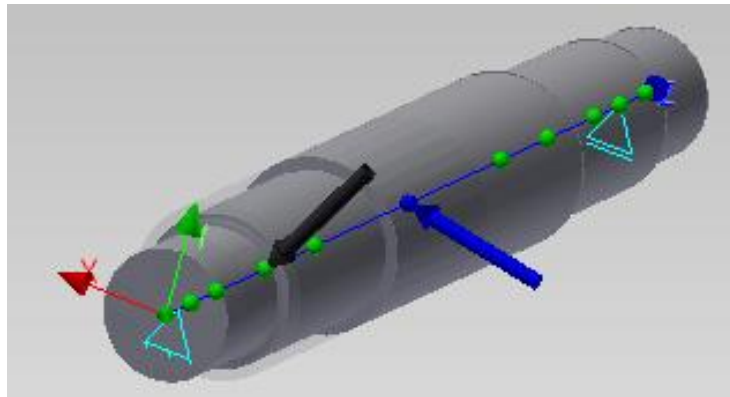


Рисунок 11 – Твердотельная модель вала с опорами и пространственной нагрузкой

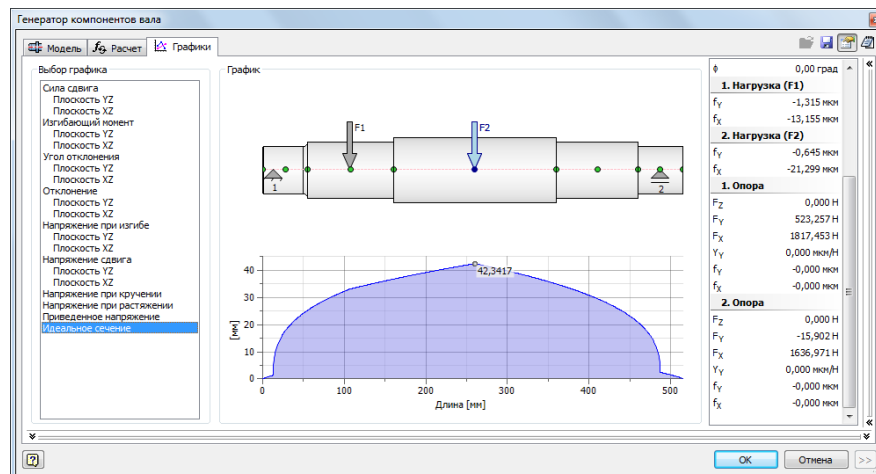


Рисунок 12 – График «Идеальное сечение»

С точки зрения выполнения следующего этапа расчета, при проектировании валов и механических передач в целом, результирующими данными выступают реакции в опорах: F_x , F_y и F_z . В качестве проверочного критерия расчета выступают максимальные отклонения f_x :

$$f_x \leq 10^{-4} \cdot L_{MO}, \quad (1)$$

где L_{MO} – расстояние между опорами вала.

Ansys [4–6] – САЕ-система, реализующая инженерный анализ сложных конструкций и процессов, протекающих в них.

Принципиальными особенностями системы являются:

- хорошие средства пре- и постпроцессирования; это придает высокий уровень универсальности и независимости от различных САД-систем, которые обычно используются для построения геометрических моделей;

- встроенные средства создания геометрических моделей позволяют использовать данные модели для специальных решателей *Ansys*, в частности, для решения задач оптимизации;

- система *Ansys* имеет встроенный язык программирования *APDL* (Ansys Parametric Design Language), существенно расширяющий возможности автоматизации расчетов и компьютерного моделирования сложных систем и повышающий уровень многовариантного моделирования сложных физических процессов;

- в решателях системы *Ansys* реализованы алгоритмы параллельных вычислений, что позволяет устанавливать *Ansys* на вычислительных кластерах;

- для взаимодействия с внешними САД-системами в *Ansys* предусмотрено использование стандартных графических форматов *IGES*, *STEP*, *SAT*, а также возможно использование файлов системы *NX*.

На рисунке 13 приведена сеточная модель станка *400V* (Стерлитамак, Россия, станок установлен в кафедральной лаборатории станков с числовым программным управлением (ЧПУ)). Модель достаточно сложная для встроенных средств системы *Ansys*. Несмотря на то, что этих средств достаточно для построения такого уровня модели, однако, с большей эффективностью геометрическая модель подобного уровня создается во внешней САД-системе. Наличие типовых геометрических элементов в представленной геометрической модели станка гарантирует сопоставимую эффективность построения модели в любой из САД-систем: *КОМПАС-3D*, *SolidWorks*, *Autodesk Inventor*, *NX* и других.

В демонстрируемом примере решалась задача несвязанной термоупругости, поэтому в качестве типовых конечных элементов использованы элементы Solid 98 (для Ansys v.14).

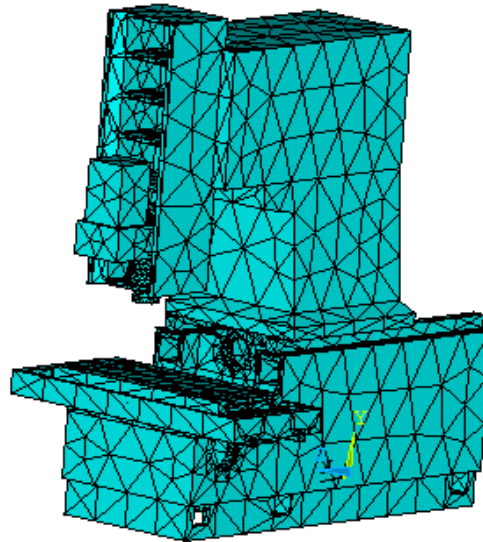


Рисунок 13 – Сеточная модель станка 400V

Результаты решения задачи теплопроводности представлены на рисунке 14 в контурном виде.

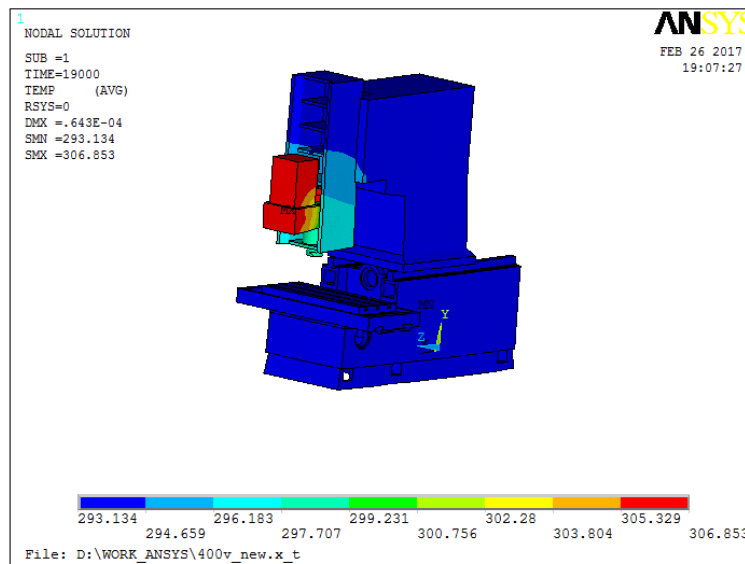


Рисунок 14 – Контурное представление результатов моделирования

Для оформления графической информации очень удобны такие системы как: *COREL DRAW graphics Suite*, *CANVAS* и *ORIGIN*, а также их бесплатные аналоги в виде свободно распространяемых программных средств.

5 Указания к оформлению отчета по научно-исследовательской практике

Отчет по научно-исследовательской практике составляется в соответствии с утвержденным стандартом организации для оформления студенческих работ [7].

Структуру отчета следует согласовать с научным руководителем. Так как научно-исследовательская практика учебным планом образовательной программы предусмотрена только в четвертом семестре, то весь объем исследовательской работы аспирантом еще не проделан. В этой связи научная составляющая практики должна найти отражение в отчете, но в строго фиксированном объеме.

В качестве обязательных пунктов отчета по научно-исследовательской практике должны присутствовать:

- программа и план научно-исследовательской практики;
- отчет по практикантскому заданию;
- отчет по проделанной научно-исследовательской работе, выполненной за отчетный период.

Текстовая часть отчета выполняется в редакторе *Word*; графическая часть предпочтительно должна выполняться в специализированных системах, в частности: *MATLAB*, *Siemens NX*, *Autodesk Inventor*, *КОМПАС-3D*. Отдельные графики могут быть выполнены с использованием *Microsoft Office PowerPoint*.

Общий объем отчета не должен превышать 30 страниц; при необходимости для последующего использования в диссертации экспериментальная информация в виде графиков и таблиц может быть представлена в приложении.

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключается цель научно-исследовательской практики?
- 2 Какие задачи аспирант решает при прохождении научно-исследовательской практики?

- 3 Как аспирант решает задачу участия в коллективной научно-исследовательской работе?
- 4 Как аспирант может овладеть профессиональными умениями проведения научной дискуссии?
- 5 Расскажите об особенностях подготовки научных материалов для научно-квалификационной работы.
- 6 Какое лицензионное программное обеспечение следует использовать при подготовке научных материалов?
- 7 Расскажите о назначении системы Siemens NX.
- 8 Можно ли в системе Ansys подготовить геометрическую модель?
- 9 Расскажите о функциональных возможностях системы Autodesk Inventor.
- 10 Расскажите о функциональных возможностях системы Matlab.
- 11 Расскажите содержательную часть научно-исследовательской практики.
- 12 Как правильно подготовить отчет по научно-исследовательской практике?

Список использованных источников

1 Математические пакеты расширения Matlab: спец. справочник / В. Дьяков, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2001. – 480 с. : ил. – (Справочник) – ISBN 5-318-00004-5.

2 Система трехмерного моделирования – текущая страница компании АСКОН – Режим доступа: <http://kompas.ru/industry/machinery/> (14.01.2017 г.).

3 Autodesk Inventor 2012 и Inventor 2012 [Текст] : офиц. учеб. курс / Т. Тремблей; [пер. с англ. Л. Талхина]. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 352 с. : ил. – (Начальный курс). – Прил.: с. 348–351. – ISBN 978-5-94074-762-8.

4 Расчет несущих систем станков в САЕ-системе Ansys : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 151002.62 Металлообрабатывающие станки и комплексы, 151900 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 221000.62 Мехатроника и робототехника / А. Н. Поляков, С. В. Каменев, К. С. Романенко; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург : Университет, 2013. – 191 с. : ил. – Прил.: с. 186–190. – Библиогр.: с. 191. – ISBN 978-5-4417-0335-2.

5 Компьютерное моделирование и обработка данных в прикладных научных исследованиях : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 151900 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 221000.62 Мехатроника и робототехника, 160400 Ракетные комплексы и космонавтика и 160100.68 Авиастроение / С. В. Каменев, К. В. Марусич; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург : Университет, 2013. – 156 с. – Библиогр.: с. 145. – Прил.: с. 146–155. – ISBN 978-5-4417-0194-5.

6 Использование САЕ-системы "ANSYS" в инженерной практике [Текст] : учеб. пособие / С. В. Каменев, А. Н. Попов; М-во образования и науки Рос. Феде-

рации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. – 139 с. – Библиогр.: с. 138. – ISBN 978-5-7410-0867-6.

7 СТО 02069024. 101 – 2015. Работы студенческие. Общие требования и правила оформления. – Оренбург : ОГУ, 2015. – 46 с.